



Brussels Studies

La revue scientifique électronique pour les recherches sur Bruxelles / Het elektronisch wetenschappelijk tijdschrift voor onderzoek over Brussel / The e-journal for academic research on Brussels

Collection générale | 2017

Gestion des eaux à Bruxelles : enseignements des longues séries temporelles de données du système de télémétrie Flowbru

Waterbeheer in Brussel: de kennis vergaard via de langdurige gegevensreeksen van het gewestelijk telemetriesysteem Flowbru

Water management in Brussels: knowledge gained from the long time data series of the Flowbru regional telemetry system

Nicolas de Ville et Michel Verbanck

Traducteur : Laurie Guérif



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/brussels/1522>

DOI : 10.4000/brussels.1522

ISSN : 2031-0293

Éditeur

Université Saint-Louis Bruxelles

Référence électronique

Nicolas de Ville et Michel Verbanck, « Gestion des eaux à Bruxelles : enseignements des longues séries temporelles de données du système de télémétrie Flowbru », *Brussels Studies* [En ligne], Collection générale, n° 111, mis en ligne le 22 mai 2017, consulté le 30 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/brussels/1522> ; DOI : 10.4000/brussels.1522

Ce document a été généré automatiquement le 30 avril 2019.



Licence CC BY

Gestion des eaux à Bruxelles : enseignements des longues séries temporelles de données du système de télémétrie Flowbru

*Waterbeheer in Brussel: de kennis vergaard via de langdurige gegevensreeksen
van het gewestelijk telemetriesysteem Flowbru*

*Water management in Brussels: knowledge gained from the long time data series
of the Flowbru regional telemetry system*

Nicolas de Ville et Michel Verbanck

Traduction : Laurie Guérif

NOTE DE L'AUTEUR

Ce travail a bénéficié du soutien d'Innoviris, dans le cadre du programme *Anticipate*, pour le projet “Capitalizing on hydrometry data series to address Brussels water and wastewater management challenges” (projet 2013-PRFB-32). Nous tenons à remercier la Société bruxelloise de gestion des eaux qui exploite le système de télémétrie Flowbru, et plus particulièrement l'ingénieur Gisèle Bazier pour son aide efficace.

Introduction

- 1 Au début des années 2000, la Région de Bruxelles-Capitale a installé un vaste réseau de limnimètres télétransmis permettant de recueillir de longues séries temporelles de données dans la plupart des principaux collecteurs et masses d'eau de Bruxelles. Un total de 166 capteurs mesurent différents paramètres, tels que la pluviométrie régionale, le niveau des eaux, leur vitesse d'écoulement, leur température, ainsi que plusieurs aspects

relatifs à leur qualité (www.flowbru.be) [SBGE, 2014]. De nombreux objectifs ont motivé la mise en place de ce réseau, parmi lesquels la prévention des inondations, le chiffrage du bilan hydrique de Bruxelles, l'estimation des volumes d'eaux usées transitant par chaque collecteur et l'amélioration des connaissances quant aux interactions entre le réseau d'égouts et le système hydrographique naturel. Cette initiative représentait en outre une étape importante vers une mise en conformité avec la directive-cadre européenne sur l'eau (Directive 2000/60/CE), qui impose aux États membres de l'Union européenne (UE) de contrôler leurs masses d'eau et vise entre autres à rétablir le bon état ou potentiel écologique de celles-ci. Cela ne peut se concrétiser qu'à condition de bien comprendre les interactions entre les systèmes hydrographiques artificiel et naturel. Depuis le recueil des premiers éléments aux alentours de 2005, de nouvelles données sont chaque jour produites et archivées. De longues séries chronologiques sont donc disponibles. Dans le cadre du programme *Anticipate* d'Innoviris, le projet *Capitalizing on hydrometry data to address Brussels water and wastewater management challenges* vise à analyser la base de données Flowbru et à exploiter ces longues séries afin d'en extraire des informations sur les performances hydrauliques et hydrologiques à Bruxelles.

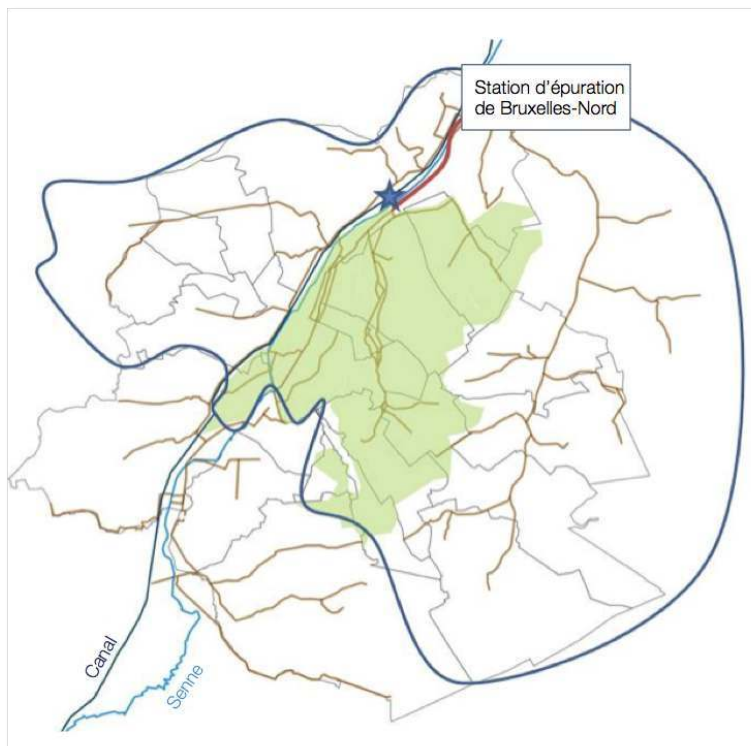
- 2 Les défis posés par la gestion de l'eau à Bruxelles sont nombreux et variés. Il s'agit notamment de lutter contre les inondations, l'imperméabilité des sols sans cesse croissante et la pollution des cours d'eau, tout en assurant la gestion du réseau d'assainissement. Comme dans beaucoup d'autres villes européennes, le réseau unitaire de Bruxelles a été construit voici plus d'un siècle dans l'objectif principal d'évacuer les eaux usées malodorantes rejetées par une ville en pleine expansion, en utilisant tous les cours d'eau existant à l'époque. Ainsi, de nombreux ruisseaux ont été recouverts et transformés en collecteurs [van Mierlo, 1878, Alaerts *et al.*, 1980, Kohlbrenner, 2014]. Ce qu'il reste de cet ancien dispositif ne satisfait pas aux exigences actuelles en matière de qualité de l'eau. Les systèmes hydrographiques artificiel et naturel sont à tel point entremêlés qu'aujourd'hui encore, leurs limites respectives demeurent méconnues. En conséquence, gestionnaires de l'eau et hydrauliciens doivent recueillir des informations en vue de pouvoir améliorer l'efficacité du réseau et respecter les normes de qualité des eaux de rivières, tout en protégeant la ville des risques d'inondation.

1. Études de cas : le déversoir du Nouveau Maelbeek, le collecteur de Bruxelles-rive droite et la station d'épuration de Bruxelles-Nord

- 3 La capacité de traitement des eaux usées de la station d'épuration de Bruxelles-Nord récemment implantée est d'1,1 million d'équivalents-habitants. Les eaux usées du bassin versant technique de Bruxelles-Nord (Figure 1) transitent par le réseau d'égouts jusqu'à cette installation, où elles sont traitées avant d'être rejetées dans la Senne. Depuis sa mise en fonction en 2007, la qualité de l'eau de la rivière s'est nettement améliorée [Brion *et al.*, 2015]. Toutefois, il arrive souvent que des eaux non épurées s'y déversent lors d'épisodes pluvieux, ce qui freine les efforts fournis pour parvenir à un bon état écologique conforme aux prescriptions de la directive-cadre sur l'eau.
- 4 La structure dont dispose le collecteur du Nouveau Maelbeek situé dans le nord de l'agglomération (rue du Lion, à Neder-over-Hembeek), qui permet d'accueillir le trop-plein du réseau unitaire, est l'un des points clés du réseau d'égouts bruxellois. C'est de

loin le plus important déversoir de la Région en termes de fréquence de déclenchement et de volumes de surversés. Les eaux usées du bassin versant du Maelbeek (Figure 1) (qui couvre Bruxelles-Centre, Schaerbeek, Evere, Saint-Josse-ten-Node, Ixelles, Etterbeek, soit une superficie totale de 36 km²) sont acheminées vers la station d'épuration de Bruxelles-Nord via le collecteur de Bruxelles-rive droite. Lorsqu'il pleut, les volumes excédentaires qui ne peuvent être pris en charge dans la station sont déviés vers la Senne par le déversoir, l'idée étant d'utiliser la rivière pour évacuer le trop-plein aussi vite que possible afin de protéger la ville des inondations, quelle qu'en soit la teneur en polluants [Guyaux, 1968, Verbanck *et al.*, 1994a].

Figure 1



La zone verte correspond au bassin versant du Maelbeek, avec le déversoir du Nouveau Maelbeek (étoile bleue). Les lignes brunes indiquent les principaux collecteurs de l'agglomération et le collecteur de Bruxelles-rive droite est mis en évidence par un trait rouge. Le tracé bleu délimite grosso modo le bassin versant technique de Bruxelles-Nord.

- 5 Ce type de structure est indispensable aux villes densément peuplées dotées d'égouts unitaires, car les surfaces imperméables y occupent un espace si considérable [Vanhuyse *et al.*, 2006] qu'il est impossible de traiter les eaux de ruissellement suffisamment vite au sein des stations d'épuration. Or, la directive-cadre sur l'eau vise à limiter la fréquence des surverses, sachant que celles-ci se produisent uniquement en cas de précipitations exceptionnelles. Il revient à chacun des États membres de l'UE de se fixer un nombre maximal de surverses et, dans la plupart des cas, ce nombre est limité à une vingtaine par an [Malgrat, 2016]. Le tableau 1 montre que Bruxelles en est bien loin, avec plus de 150 surverses annuelles¹.
- 6 L'action du déversoir a une incidence considérable sur la qualité de l'eau de la Senne, car les eaux résiduaires, en plus de se mélanger aux eaux de ruissellement, se concentrent en une matière facilement putrescible qui appauvrit la teneur en oxygène de la rivière [Le

et al., 2014]. Il en résulte une anoxie nuisible à la faune qui y vit. En outre, sous l'effet des pluies qui lessivent les routes, des polluants métalliques produits par le trafic, tels que le zinc, le cadmium et le plomb, ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques, ruissellent jusque dans les égouts et atteignent la rivière lors des déversements du trop-plein [Petrovic *et al.*, 2012, Brion *et al.*, 2012]. Ces polluants tendent à s'accumuler dans les sédiments et constituent un obstacle majeur au développement de la vie aquatique. Il est donc nécessaire de concevoir et de mettre en œuvre des infrastructures ainsi que des stratégies de gestion en vue de réduire la fréquence et l'impact des surverses.

Tableau 1. Statistiques de base relatives au déversoir du Nouveau Maelbeek pour la période 2012-2015

Année	Pourcentage de données récupérées %	Surverses <i>n.</i>	Volumes surversés		Périodicité moyenne sans surverse <i>jours</i>
			<i>m</i> ³	% du total des écoulements	
2012	98,78	148	4 346 263	8,77	2,5
2013	90,84	104	3 385 899	7,72	3,2
2014	93,64	155	5 553 320	12,23	2,3
2015	99,43	188	5 409 146	11,84	1,9

- 7 Il s'agit ici de déterminer si la présence de masses étrangères dans le réseau d'assainissement influe sur la fréquence et le volume des rejets d'eaux pluviales dans la Senne, et de voir quel effet bénéfique pourrait avoir le fait de limiter le nombre et l'incidence de ces surverses. L'examen et l'analyse systématiques des longues séries temporelles de données fournies par Flowbru ont permis de dégager deux facteurs déterminants : les infiltrations² d'eau limpide parasite d'une part et l'accumulation excessive de sédiments dans les canalisations d'autre part.
- 8 Tout d'abord, une nouvelle méthodologie est proposée pour quantifier les volumes quotidiens des infiltrations d'eau limpide traités par la station d'épuration de Bruxelles-Nord. Il sera question des conséquences de ces infiltrations sur l'efficacité du réseau d'assainissement et de l'intérêt qu'il y pourrait y avoir à les limiter.
- 9 Ensuite, l'évolution de la hauteur des dépôts sédimentaires dans les canalisations à proximité du déversoir sera calculée au moyen d'un simple travail de consolidation des données. Après l'application de techniques informatiques permettant d'allonger les périodes couvertes par les séries chronologiques, la dynamique de l'accumulation des sédiments sera examinée.

1.1. Infiltrations d'eau limpide parasite

- 10 L'eau limpide parasite est une eau dépourvue de tout polluant organique ou inorganique, pénétrant dans le réseau d'assainissement en raison d'un mauvais raccordement ou d'une canalisation défectueuse. Des eaux souterraines et de petits cours d'eau s'introduisent en de nombreux points du réseau. En certains endroits, cela se fait même intentionnellement de façon à maîtriser le niveau des nappes phréatiques. Cependant, le surplus peut entraîner par temps sec un accroissement considérable du niveau des eaux dans les égouts, ainsi que de la quantité à traiter dans la station d'épuration. Il est donc important de connaître les volumes d'infiltration d'eau limpide parasite, de même que leurs variations annuelles et saisonnières.

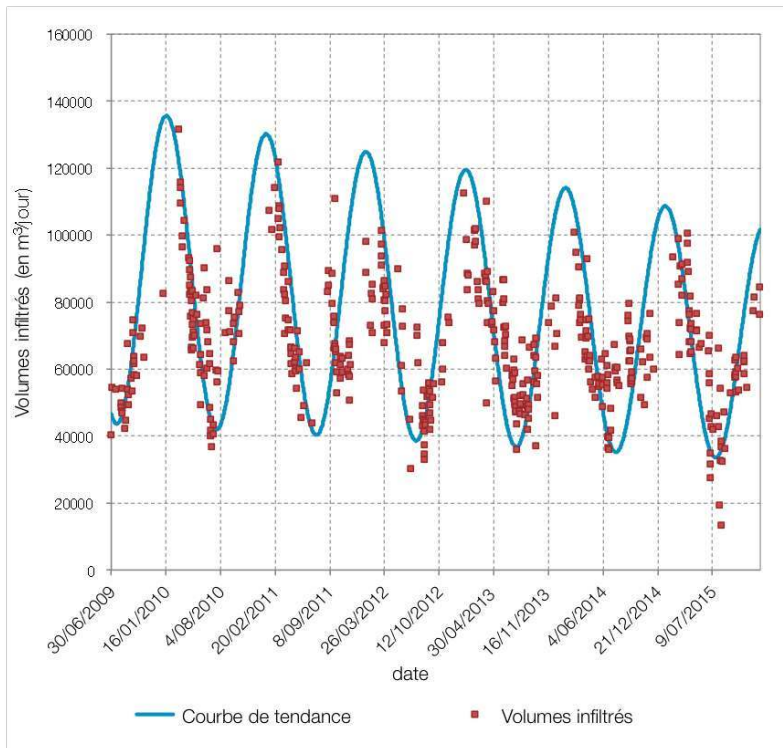
- 11 Plusieurs méthodes de quantification ont été mises au point au cours de ces dernières décennies. Elles s'appuient tantôt sur un suivi à haute résolution temporelle de la qualité de l'eau, en termes de demande chimique en oxygène par exemple, tantôt sur une analyse d'échantillons pour déterminer la signature isotopique des différentes sources d'eau [Bertrand-Krajewski *et al.*, 2006, Houhou *et al.*, 2010, Bareš *et al.*, 2012]. Ces méthodes ont certes donné de bons résultats en différents endroits, mais sont parfois difficiles à mettre en œuvre. Elles sont en outre très chronophages et onéreuses [Bertrand-Krajewski *et al.* 2006]. À l'heure actuelle, grâce à la quantité toujours croissante de données hydrométriques en milieu urbain, il est possible d'examiner les caractéristiques des infiltrations sans devoir mener d'études analytiques complexes et coûteuses. Il y a donc lieu de proposer ici une méthode de calcul des volumes d'eau limpide parasite à partir d'un simple bilan des quantités des eaux et d'un traceur anthropique relevé à la sortie du système d'évacuation, à savoir, l'ion ammonium NH_4^+ .
- 12 Par temps sec, le volume qui arrive dans la station d'épuration de Bruxelles-Nord correspond au volume des eaux résiduaires additionné du volume des infiltrations d'eau limpide parasite. Afin de connaître la quantité d'eaux usées produite chaque jour à Bruxelles, l'ion ammonium a été utilisé comme traceur anthropique, permettant de rendre compte de la présence et des activités des habitants. L'ammonium présente l'avantage de bien se conserver lorsqu'il transite par les canalisations [Almeida *et al.*, 2000]. Cela signifie qu'il ne se dégrade pas et que la quantité totale d'ammonium mesurée à l'entrée de la station correspond à la somme des rejets domestiques et d'activités dans le bassin versant. Ce traceur permet de calculer aussi précisément que possible le volume maximal d'eaux résiduaires produit en un jour dans le nord de Bruxelles. Après quoi, nous évaluons l'écart quotidien entre ce maximum et la variation des volumes d'eau courante consommés. Autrement dit, nous partons du principe que le volume d'eaux usées produit chaque jour est directement lié à la quantité d'eau potable utilisée dans la ville. Ainsi, le volume des infiltrations peut se calculer à l'aide de l'équation suivante (Equation 1) :

Equation 1

$$Q_{\text{Infiltration}} = Q_{\text{WWTP}} - \frac{m_{\text{NH}_4\text{-N.max}}}{k_{\text{NH}_4\text{-N}}} * Q_{\text{inh.day}} * \text{IDistr}$$

- 13 où $Q_{\text{infiltration}}$ = volumes quotidiens des infiltrations d'eau limpide [en m^3/jour], Q_{wwtp} = volume quotidien traité à la station d'épuration de Bruxelles-Nord [en m^3/jour], $m_{\text{NH}_4\text{-N.max}}$ = teneur maximale en ammonium pénétrant dans la station d'épuration [en kg/jour], $k_{\text{NH}_4\text{-N}}$ = production quotidienne d'ammonium par habitant et par jour [en $\text{kg}/\text{h}/\text{jour}$], $Q_{\text{inh.day}}$ = production quotidienne d'eaux usées par habitant et par jour [en $\text{m}^3/\text{h}/\text{jour}$] et IDistr = indice de distribution quotidienne d'eau potable [-].
- 14 La figure 2 présente les résultats pour la période allant de mi-2008 à mi-2015. Une courbe a été tracée pour faire ressortir la tendance générale. Il s'agit des infiltrations d'eau limpide pour l'ensemble de la zone prise en charge par la station d'épuration de Bruxelles-Nord.

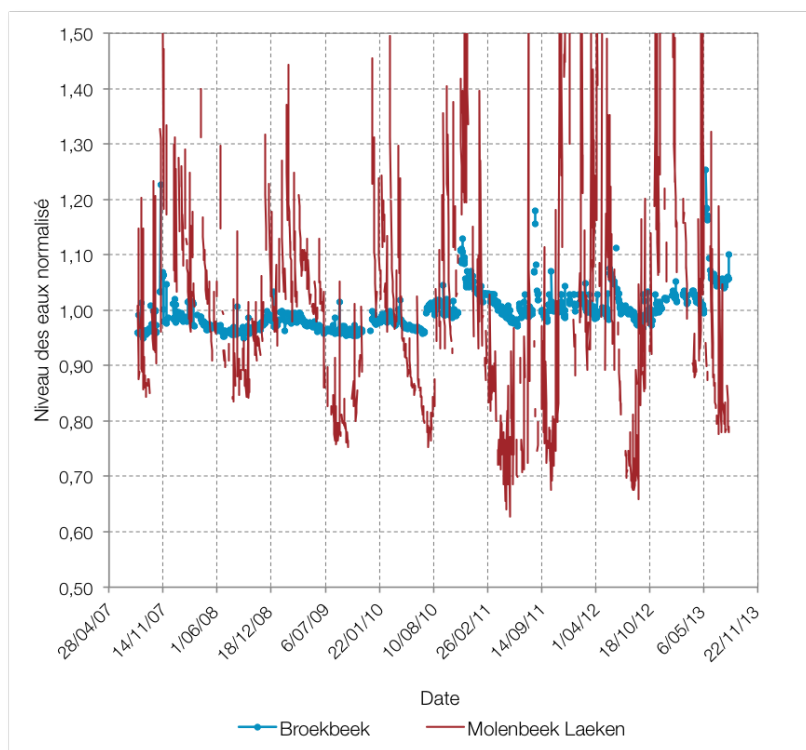
Figure 2. Infiltrations d'eau limpide parasite dans le bassin versant de Bruxelles-Nord, entre 2008 et 2016



Les carrés rouges représentent les volumes infiltrés calculés par temps sec, tandis que la ligne bleue montre la tendance générale

- 15 Ce graphique nous apprend deux choses. Premièrement, nous constatons comme prévu une forte variation saisonnière des volumes des infiltrations, qui passent d'environ 120 000 m³ par jour en hiver à environ 40 000 m³ par jour en été. Ce phénomène, qui a également été constaté au niveau de la nappe phréatique yprésienne située au nord de Bruxelles [IBGE, 2011], confirme l'existence d'un lien étroit entre le réseau d'assainissement et la nappe voisine. Dans leur ensemble, les infiltrations représentent près de 24 % du volume total traité chaque année dans la station d'épuration de Bruxelles-Nord. Il serait donc certainement bénéfique de réduire ces infiltrations, de manière à faire baisser les coûts de fonctionnement de la station. Deuxièmement, il apparaît qu'une petite diminution des infiltrations s'est opérée avec le temps. Cela pourrait être dû aux récents travaux de débranchement et de réparation des égouts initiés voici quelques années [IBGE, 2016].
- 16 La compréhension de cette variation saisonnière des infiltrations peut être mise à profit pour repérer rapidement les collecteurs dans lesquels elle se manifeste et qui peuvent donc être considérés comme poreux. La figure 3 montre deux exemples : le collecteur de Molenbeek-Laeken, très sujets aux infiltrations, et celui du Broekbeek (à Anderlecht), où ne pénètre aucune eau limpide [ULB-DWPC, 1992]. Sachant que ce type d'informations élémentaires sur le niveau des eaux existe pour de nombreux collecteurs bruxellois, une même comparaison peut se faire pour chacun d'entre eux, afin de voir lesquels sont plus spécialement touchés par le phénomène.

Figure 3. Comparaison du niveau des eaux normalisé dans deux collecteurs aux taux d'infiltration différents



Le trait rouge représente le collecteur de Molenbeek-Laeken et les points bleus correspondent au collecteur du Broekbeek.

- 17 Par ailleurs, ce type de graphique peut aider à évaluer l'incidence des programmes de rénovation des égouts dans le bassin versant local. Il n'est guère aisé d'estimer avec précision les effets positifs d'une réduction des volumes d'eau limpide parasite, du fait de l'interférence des variations saisonnières et pluriannuelles. Cet objectif peut être poursuivi en procédant à des études analogues permettant d'obtenir des précisions sur un grand nombre de collecteurs. Cela revêt une importance particulière eu égard aux objectifs opérationnels et écologiques, qui ne sont pas toujours compatibles, spécialement dans un contexte de limitations des investissements et de réglementations européennes contraignantes. Les avantages et inconvénients d'une réduction des volumes d'eau limpide parasite sont détaillés ci-après.
- 18 La baisse des dépenses opérationnelles occasionnées principalement par les activités de pompage à l'entrée de la station d'épuration a déjà été évoquée. Un autre effet positif pourrait s'obtenir en déviant les infiltrations d'eau limpide vers le Maillage bleu, afin de contribuer au rétablissement quantitatif du réseau hydrographique de Bruxelles. Par exemple, pendant les périodes de faible débit, un afflux plus important serait profitable à la Woluwe (rivière passant dans l'est de la région), qui deviendrait ainsi moins vulnérable aux déversements de polluants. D'autre part, l'eau limpide fait monter le niveau des eaux dans le collecteur lorsqu'il ne pleut pas. Lorsque des eaux de ruissellement pénètrent dans les canalisations, le seuil de débordement est donc plus facilement atteint, d'où une augmentation de la fréquence et du volume des surverses liée à ce supplément d'eau limpide. Néanmoins, l'incidence d'une atténuation des infiltrations sur la fréquence des surverses resterait limitée, puisque celles-ci sont bien plus importantes par temps de

pluie (évacuation des eaux de ruissellement) que par temps sec. Une réduction optimale des volumes d'eau limpide parasite entraînerait une diminution annuelle de la fréquence des surverses, mais ne suffirait certainement pas à ce que leur nombre maximal autorisé par an soit respecté [de Ville, 2017a].

- 19 En revanche – chose qui jusqu'à présent n'a pas été assez signalée dans la documentation technique –, la présence d'eau limpide dans le système d'évacuation favorise le maintien d'une capacité minimale d'auto-nettoyage des canalisations [de Ville, 2017b]. La nuit par exemple, quand le débit est faible, cette eau contribue à entretenir une vitesse d'écoulement minimale pour charrier les sédiments et les polluants vers la station d'épuration. Un afflux considérablement moindre d'eau limpide provoquerait un affaiblissement du débit dans les canalisations à faible déclivité, donc une diminution des quantités de matières solides transportées et, partant, une sédimentation accrue au niveau du collecteur. Les économies réalisées sur le fonctionnement de la station d'épuration seraient contrecarrées au moins en partie par une hausse des coûts d'entretien des égouts. Il conviendrait de conduire une étude financière plus poussée afin de confirmer cette hypothèse.
- 20 Enfin, il est à souligner que des infiltrations sont consenties dans certaines parties de Bruxelles, notamment à l'ouest de la zone urbaine, afin de maintenir un niveau suffisamment bas dans la nappe phréatique (et d'éviter d'avoir à surcharger les canalisations). Une réduction de cette partie des infiltrations n'est ni réaliste, ni souhaitable, car elle pourrait entraîner une augmentation des inondations en sous-sol. Le scénario optimiste d'un amoindrissement complet des afflux d'eau limpide est par conséquent inconcevable. Sur la base de ces éléments, différentes stratégies devraient être mises au point pour les différentes parties de Bruxelles. À l'est, par exemple, la forte déclivité explique la rapidité naturelle du débit des eaux résiduaires, à l'origine d'une bonne capacité d'auto-nettoyage. Dans cette partie de la ville, une stratégie de réduction des infiltrations aurait donc surtout des effets positifs. En revanche, à l'ouest (et sur les terrains plats qui jouxtent immédiatement la vallée de la Senne), où le dénivelé est faible, l'afflux d'eau limpide aide à dégorger au mieux les canalisations et, simultanément, à maîtriser le niveau de la nappe phréatique.

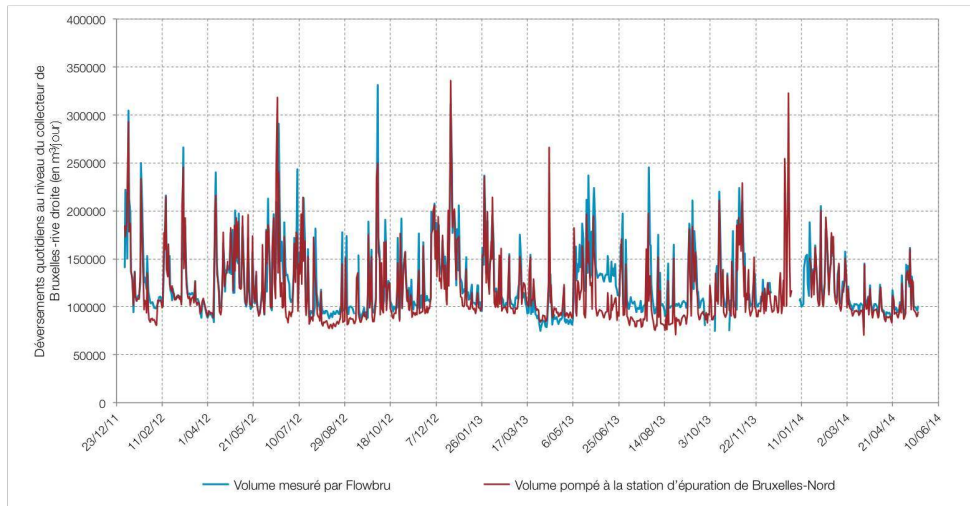
1.2. Accumulation des sédiments

1.2.1. Présentation de la méthodologie

- 21 Le deuxième volet de cette étude concerne l'accumulation des sédiments au niveau du collecteur de Bruxelles-rive droite et ses répercussions sur la fréquence des surverses. Là encore, l'objectif consiste à tirer parti des longues séries temporelles de données mises à disposition par Flowbru. La figure 4 montre le volume relevé dans le collecteur en aval de la station d'épuration de Bruxelles-Nord et le volume pompé à l'entrée de cette station. Ces deux volumes devraient être équivalents, dès lors que rien de significatif ne s'y ajoute ou ne s'en échappe entre les deux points de mesure. Or, il arrive que deux déversements se produisent à peu de temps d'intervalle, et quelquefois des différences légères voire importantes sont constatées. Pour en comprendre la raison, il faut d'abord examiner les différents modes de mesure.
- 22 Les déversements enregistrés à l'entrée de la station d'épuration correspondent aux volumes effectivement pompés. Il s'agit donc d'une information volumétrique concrète et

relativement précise. À l'intérieur du collecteur, les déversements sont quantifiés à l'aide d'un limnimètre et d'un courantomètre. Le calcul s'effectue donc par le recoupement de deux mesures. Cependant, les dépôts de sédiments sous le capteur perturbent fortement la mesure du niveau des eaux. À débit égal, plus il y a de limon au fond du collecteur et plus le niveau des eaux est élevé. En l'occurrence, le volume déversé est alors surestimé.

Figure 4. Comparaison des volumes déversés s'écoulant vers la station d'épuration de Bruxelles-Nord selon deux modes de mesure



- 23 Le calcul par Flowbru des volumes déversés s'appuie sur les informations relevées au moyen d'un courantomètre radar (U_{radar}) et sur le niveau des eaux capté par le limnimètre. Le niveau des eaux est converti en section transversale (S_{total} [en m^2]), mais pour un calcul correct des volumes déversés, il faut retrancher la portion de la section transversale occupée par les sédiments (Equation 2). Dans ce cas, l'équation 2 permet de calculer convenablement les volumes déversés dans le collecteur :

Equation 2

$$Q_{\text{Computed}} = U_{\text{radar}} * (S_{\text{total}} - S_{\text{sediment}})$$

- 24 où Q_{computed} = volume déversé calculé avec les capteurs de Flowbru (en m^3/s), U_{radar} = rapidité du débit (en m/s), S_{total} = section transversale mesurée par le limnimètre et S_{sediment} = portion de la section transversale occupée par les sédiments.
- 25 Si les sédiments sont inclus dans l'équation, alors :

Equation 3

$$Q_{\text{Computed}} = Q_{\text{WWTP}}$$

- 26 Si l'on combine l'équation 2 et l'équation 3, la section transversale correspondant aux sédiments autour des capteurs peut être aisément reconstituée (Equation 4). Il convient

de signaler que l'équation 4 est surtout pertinente pour ce qui concerne la proximité immédiate des capteurs et ne saurait s'appliquer à l'ensemble du collecteur. Elle permet d'appréhender la dynamique de l'accumulation des sédiments, mais ne peut guère être utilisée pour quantifier les volumes des dépôts dans tout le collecteur.

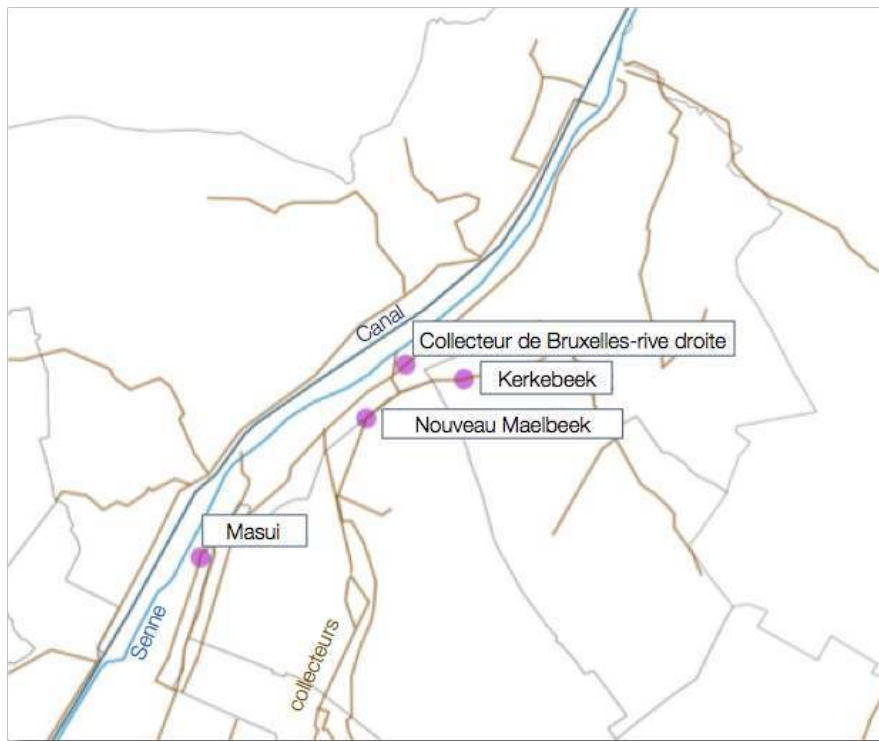
Equation 4

$$S_{\text{sédiment}} = S_{\text{total}} - \frac{Q_{\text{WWTP}}}{U_{\text{radar}}}$$

1.2.2. Modélisation par réseau neuronal artificiel

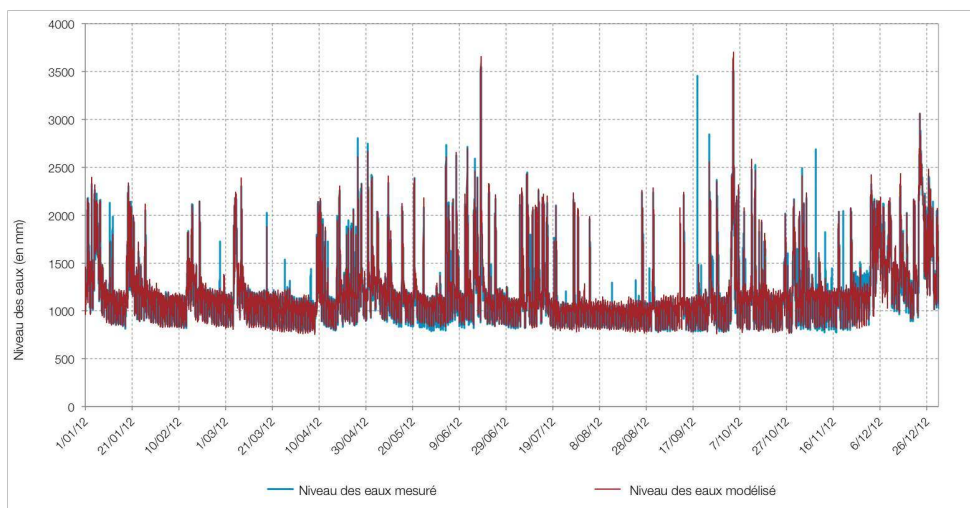
- 27 Ce type d'approche présente un intérêt grandissant au fur et à mesure que les séries chronologiques de données s'allongent. Une seule valeur de hauteur de sédiments est certes une information utile, mais n'apporte aucun éclairage en matière de dynamique à long terme. Il est par contre bien plus intéressant de disposer d'une série temporelle en la matière, bien que les mesures n'aient d'intérêt qu'à l'échelon local (aux abords des capteurs). Par conséquent, en vue d'optimiser l'exploitation des informations fournies par la base de données Flowbru, un modèle de réseau neuronal artificiel (RNA) a été mis au point afin de suppléer les séries manquantes pour 2011. Ce type de modèle, assez simple à mettre en œuvre, peut considérablement accroître l'utilité de grands ensembles de données tels que celui de Flowbru par l'ajout de données manquantes ou la modélisation de variables difficiles à mesurer (ex : volume ou débit des déversements).
- 28 Un modèle de RNA vise à imiter le fonctionnement du cerveau humain par la création de plusieurs couches de neurones. Celles-ci sont entraînées à réagir d'une façon similaire au système étudié. Le modèle est alimenté par l'introduction de signaux (entrées) associés à une cible, et entraîné jusqu'à ce qu'il soit capable de trouver par lui-même la cible d'un ensemble particulier d'entrées [Schmidhuber, 2015]. Dans le cas présent, l'idée est de modéliser le niveau et la vitesse d'écoulement des eaux dans le collecteur de Bruxelles-rive droite pour l'année 2011. Un modèle a été élaboré pour chacune des deux séries chronologiques définies comme étant les cibles du modèle. Les entrées choisies sont les niveaux des eaux mesurés dans les canalisations environnantes. La figure 5 montre les trois séries chronologiques relatives aux niveaux des eaux qui ont été sélectionnées. Ce choix est assez évident, puisque qu'il existe une connexion hydraulique entre les quatre points et qu'un changement au niveau de l'un d'entre eux se répercuterait donc sur les autres. Comme il s'agit d'un milieu urbain, le signal lors des écoulements par temps sec suit un schéma répétitif en fonction du mois, du jour et de l'heure [Butler et Graham, 1995]. Ces trois paramètres supplémentaires sont intégrés dans le modèle. Au total, six entrées ont donc été sélectionnées pour modéliser le niveau et le débit des eaux dans le collecteur de Bruxelles-rive droite.

Figure 5. Points d'intérêt pour la construction du modèle de RNA



- 29 La figure 6 montre les résultats du modèle de RNA pour la détermination du niveau des eaux. La précision du coefficient de détermination garantit l'excellente capacité de prédiction du modèle.

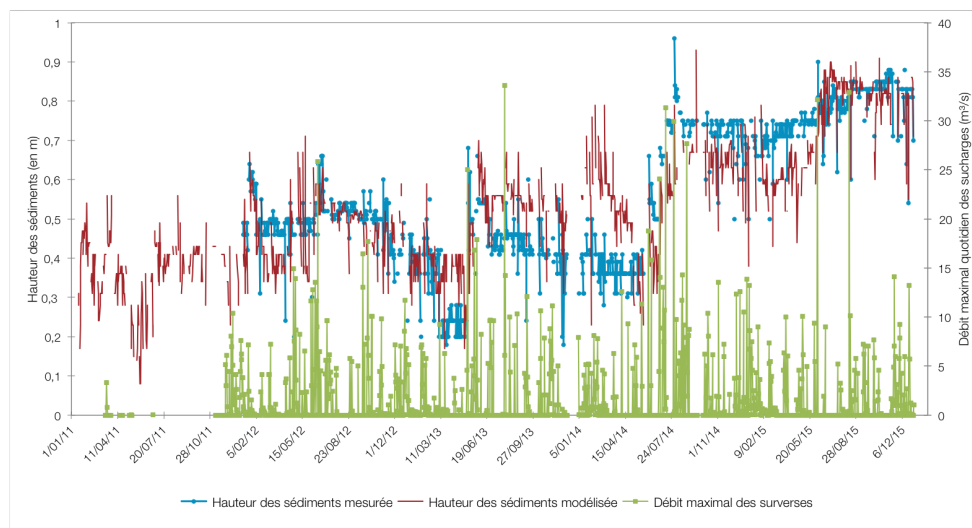
Figure 6. Comparaison du niveau des eaux mesuré dans le collecteur de Bruxelles-rive droite (ligne bleue) avec le niveau modélisé par réseau neuronal, pour l'année 2012



- 30 Avec les séries chronologiques de données reconstituées pour 2011, il est possible de modéliser l'évolution, de 2011 à 2016, de la hauteur des dépôts de sédiments à proximité des capteurs dans le grand collecteur émissaire. La figure 7 présente les résultats ainsi obtenus. L'épaisseur des sédiments déduite des mesures de niveau et de débit des eaux

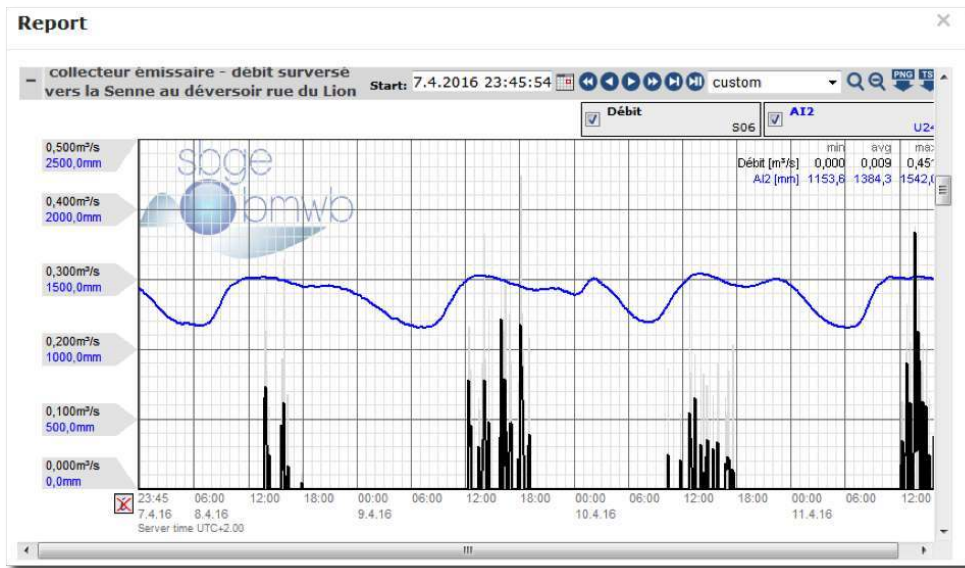
apparaît en bleu ; celle calculée à l'aide des variables modélisées est représentée en vert. Visiblement, le RNA fonctionne bien, puisque les deux courbes suivent globalement la même tendance, avec la même amplitude. Ce constat permet de penser que l'évolution indiquée pour 2011 par le modèle est fiable.

Figure 7. Évolution de la hauteur des sédiments près du déversoir du Nouveau Maelbeek, entre 2011 et 2016



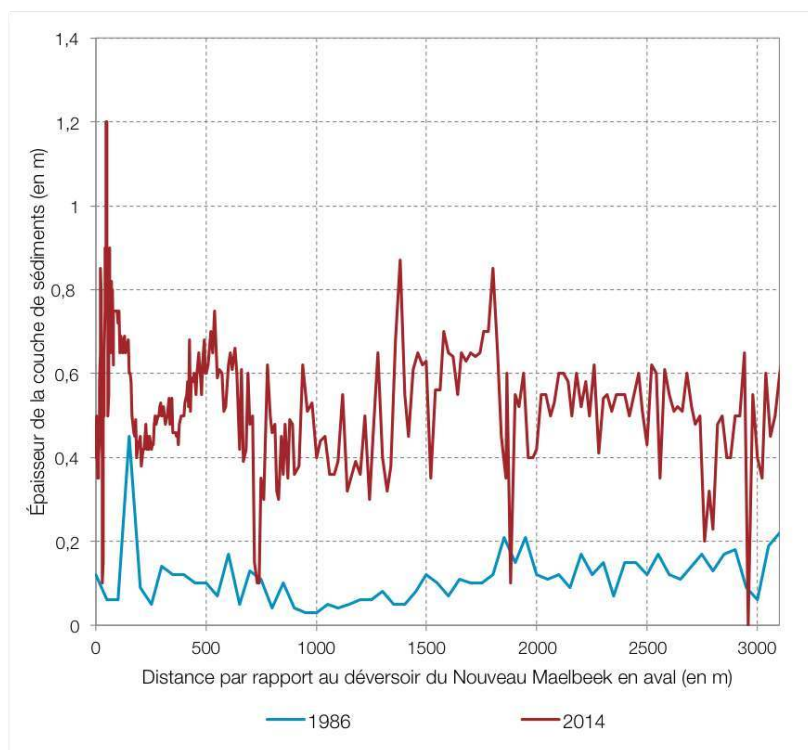
- 31 Entre 2011 et 2014, l'épaisseur de la couche de sédiments est restée stable (de 40 à 50 cm environ), avec une légère baisse en mars 2013. En juin 2014, une augmentation importante s'est produite, portant la couche à une hauteur de 80 cm, et la montée s'est poursuivie jusqu'à fin 2016. Il ressort clairement que les hausses significatives ont chaque fois eu lieu en début de période estivale (soit entre mai et juillet, chaque année de 2011 à 2015). Tous les ans, le même schéma se répète, qui peut s'expliquer par deux éléments. D'une part, tout épaissement de la couche suppose l'arrivée de sédiments, ce qui coïncide avec les travaux structurels effectués chaque année à la même époque à Bruxelles. D'autre part, ces sédiments doivent être emportés dans les égouts sous l'effet d'intenses pluies d'orage en été. Il peut être établi que chaque hausse sensible de la couche est liée à un épisode orageux de forte intensité (donnant lieu à une importante surverse enregistrée dans le déversoir du Nouveau Maelbeek) (Figure 7). La quantité d'eau pénétrant dans le réseau provoque rapidement sa saturation : le niveau piézométrique s'abaisse considérablement et le débit diminue jusqu'à devenir presque nul. Le collecteur fait alors office de vaste bassin de décantation et de plus en plus de sédiments se déposent sur le fond. C'est un phénomène d'une importance extrême, car les sédiments nuisent de plusieurs façons à l'efficacité du système. Ils réduisent en effet l'espace disponible pour l'écoulement des eaux et freinent le flux. En l'occurrence, c'est ce qui entraîne une fréquence accrue des déversements de trop-plein au niveau du déversoir du Nouveau Maelbeek : 188 surverses s'y sont produites en 2015 lorsque la couche atteignait 80 cm, contre *seulement* 104 en 2013 (Tableau 1), bien qu'il ait plu davantage cette année-là [Statbel, 2016]. Plus inquiétant encore, des surverses ont récemment été enregistrées par temps sec, ce qui prouve bien l'engorgement du réseau en sédiments (Figure 8).

Figure 8. Capture d'écran Flowbru montrant le niveau des eaux au collecteur de Bruxelles-rive droite (courbe bleue) et les surverses au déversoir du Nouveau Maelbeek (traits noirs)



- 32 La méthodologie ici utilisée a le mérite d'éclairer une évolution sur le long terme, mais il ne faut pas oublier que les informations qu'elle permet d'obtenir sont d'ordre local et uniquement valables pour la proximité immédiate des capteurs. Nous avons donc réalisé avec Vivaqua une étude de terrain sur les sédiments présents dans le réseau entre le déversoir du Nouveau Maelbeek et la station d'épuration de Bruxelles-Nord. La figure 9 présente également les résultats de l'enquête analogue réalisée en 1986 au niveau du collecteur [Verbanck, 1992].

Figure 9. Comparaison des profils d'accumulation des sédiments observés entre le déversoir du Nouveau Maelbeek et la station d'épuration de Bruxelles-Nord.



- 33 Ces données montrent une nette augmentation, depuis le milieu des années 1980, de la quantité de sédiments présents dans le collecteur. En termes de volumes, la comparaison par rapport à la fin de cette décennie est encore plus frappante. Dans la dernière partie du collecteur principal de Bruxelles, le volume des sédiments est cinq fois plus important qu'il y a 25 ans (2 500 m³, contre 500 m³ dans les années 1980). Cela est dû au fait que les canalisations ne font plus l'objet d'un curage régulier. Auparavant, un chariot métallique était tracté dans le collecteur afin de pousser les sédiments jusqu'à la station d'épuration. Il n'est plus utilisé depuis plusieurs années, mais on peut encore l'apercevoir à 700 mètres en aval du déversoir du Nouveau Maelbeek (rue du Lion).
- 34 Les dépôts sédimentaires constituent un problème majeur pour l'efficacité du système d'assainissement, sachant qu'ils accentuent la rugosité des canalisations et réduisent la capacité d'écoulement du réseau d'évacuation. Il en résulte de ce fait une augmentation significative de la fréquence et du volume des surverses. En outre, les sédiments créent un environnement propice à la production de gaz corrosifs et dangereux, ce qui accélère la dégradation des conduits et accroît les risques professionnels auxquels sont exposés les égoutiers. Enfin, il est établi qu'avec le temps, les sédiments ont tendance à se consolider sous l'effet de processus biologiques, physiques et chimiques, ce qui rend leur élimination de plus en plus difficile [Ashley *et al.*, 2004]. D'après un modèle hydrologique semi-distribué [Storm Water Management Model, SWMM] mis au point par l'Agence américaine pour la protection de l'environnement, un réseau d'égouts parfaitement curé permettrait de diviser quasiment par deux les volumes surversés [de Ville, 2017a]. Cette estimation doit être interprétée avec une certaine prudence, car les résultats d'une modélisation sont entourés de nombreuses incertitudes. Quoiqu'il en soit, la propreté des canalisations devrait favoriser une réduction sensible de la fréquence des surverses.

Conclusions

- 35 Au début des années 2000, à Bruxelles, un vaste réseau de limnimètres télétransmis (www.flowbru.be) a été mis en place, qui permet de recueillir de longues séries de temporelles de données au niveau de nombreux collecteurs. Le niveau des eaux, leur vitesse d'écoulement, leur température, la pluviométrie et même certaines données relatives à la qualité des eaux sont désormais connus en temps réel. La Société Bruxelloise de Gestion de l'Eau (SBGE) a installé cet important dispositif en vue d'améliorer les connaissances sur les performances hydrauliques et sur les connexions qui existent entre les différentes masses d'eau dans la région. Aujourd'hui, des séries chronologiques très fournies sont disponibles, offrant une occasion unique d'étudier l'évolution du réseau d'assainissement sur une longue période.
- 36 La présente étude portait principalement sur un point clé du réseau d'égouts bruxellois, représentant l'une des plus importantes gageures eu égard à la protection de la Senne : le déversoir du collecteur du Nouveau Maelbeek (rue du Lion), qui est la plus grande infrastructure de trop-plein du réseau unitaire de la ville. Ce déversoir a pour but d'évacuer dans la Senne les volumes excédentaires dus aux ruissellements d'eau pluviale, qui ne peuvent être traités dans la station d'épuration de Bruxelles-Nord. C'est un ouvrage indispensable à la protection du centre-ville contre les inondations. Or, la directive-cadre européenne sur l'eau (2000) souligne que ce type de structure ne devrait entrer en action qu'en cas de fortes pluies. Il appartient à chaque État membre de l'UE de se fixer un nombre maximal de surverses autorisées par an et nulle décision n'a encore été prise à cet égard en Belgique, mais dans les pays voisins, le nombre arrêté n'excède jamais la vingtaine. À l'heure actuelle, le déversoir de Bruxelles se déclenche environ 150 fois par an et fonctionne même en période d'étiage, à cause de l'accumulation des sédiments et du manque d'entretien. Ces fréquentes surverses nuisent gravement à la qualité des eaux de la Senne, entravant le bon épanouissement des formes de vie aquatique. De plus, les polluants tendent à s'accumuler dans le limon de la rivière, ce qui aggrave l'incidence à long terme des effluents urbains. Grâce aux stations d'épuration récemment construites, la qualité des eaux de la Senne s'est sensiblement améliorée, mais tant qu'un si grand nombre de surverses se produiront chaque année, la rivière restera polluée et les normes en matière de qualité de l'eau pourront difficilement être respectées.
- 37 Le travail ici exposé visait à identifier les éléments étrangers présents dans le réseau d'assainissement bruxellois et à analyser l'incidence qu'ils peuvent avoir sur la fréquence et le volume des surverses. Deux aspects ont été examinés en détail : d'une part, les infiltrations d'eau limpide parasite et, d'autre part, l'accumulation des sédiments.
- 38 Une méthode simple a été élaborée, basée sur un bilan hydrique et un traceur anthropique (l'ion ammonium), afin de quantifier au quotidien le volume des infiltrations dans la zone d'évacuation desservie par la station d'épuration de Bruxelles-Nord. Les résultats indiquent des volumes trois fois plus importants en hiver (environ 120 000 m³/jour) qu'en été. La comparaison d'une année sur l'autre à partir de 2008 jusqu'au milieu de l'année 2015 a permis de voir que chaque année se produit une légère baisse quantitative des infiltrations dans le bassin versant technique de Bruxelles-Nord. Cela pourrait tenir aux récents travaux de réparation et débranchements du système d'évacuation.

- 39 Il faut néanmoins bien comprendre qu'une réduction significative des volumes d'eau limpide aurait des effets aussi bien positifs que négatifs. En plus de favoriser une possible diminution des coûts de fonctionnement de la station d'épuration, la déviation de l'eau excédentaire vers le Maillage bleu naturel contribuerait au rétablissement quantitatif de masses d'eau variables telles que la Senne et la Woluwe. L'une des stratégies permettant de limiter l'incidence des déversements de polluants consiste à augmenter le débit de la rivière. Ceci étant, il est établi que les infiltrations d'eau limpide aident aussi à renforcer la capacité d'auto-nettoyage des canalisations. En d'autres termes, le fait de les réduire entraînerait probablement une intensification de l'accumulation des sédiments dans les égouts et la baisse des dépenses opérationnelles serait contrariée au moins en partie par la nécessité d'opérations d'entretien plus fréquentes. Pour finir, il a été montré que le schéma annuel des infiltrations peut être établi par référence à l'évolution des séries de données limnimétriques relevées par temps sec, facilitant ainsi le repérage des canalisations très sujettes aux infiltrations. Le suivi des infiltrations d'eau limpide parasite avec Flowbru permettra d'adapter les programmes de rénovation/transformation du réseau au regard des objectifs environnementaux et opérationnels à l'échelon local et de définir la proportion optimale d'eau parasite dans les différentes canalisations.
- 40 Le deuxième volet de l'étude concernait l'accumulation des sédiments dans le collecteur de Bruxelles-rive droite entre 2011 et 2016. La méthodologie proposée se fonde sur la comparaison des mesures des déversements effectuées suivant deux principes différents. La première mesure est celle du volume pompé à l'entrée de la station d'épuration, où les dépôts de sédiments n'exercent aucune influence. La deuxième est calculée à partir du niveau des eaux et de la vitesse d'écoulement relevés à l'intérieur du collecteur et qui varient fortement en fonction de la hauteur de la couche sédimentaire. Naturellement, plus il y a de sédiments et plus le niveau des eaux est élevé, d'où une surestimation du volume calculé. La comparaison des deux mesures permet d'évaluer facilement l'épaisseur des dépôts à proximité des capteurs. L'enregistrement des données s'effectue depuis début 2012. Cependant, afin d'optimiser les informations fournies par la base de données Flowbru et d'étendre la période couverte par les séries chronologiques, nous avons mis au point un modèle de RNA permettant de suppléer les données manquantes pour 2011. À l'aide des niveaux d'eaux relevés en différents points hydrauliquement reliés au collecteur de Bruxelles-rive droite, un modèle précis a pu être élaboré pour estimer le niveau et la vitesse d'écoulement dans ce collecteur pour l'année 2011. Avec les nouvelles données ainsi obtenues, la méthodologie a été appliquée afin de déterminer l'épaisseur de la couche de sédiments. Les résultats ont mis en évidence que cette dernière a augmenté d'une manière inédite depuis 2014. Ayant rarement excédé une quarantaine de centimètres auparavant, la couche a atteint 80 cm en juin de cette année-là, en raison d'une succession d'intenses pluies d'orage. Comme il s'agit d'une information très localisée, difficilement extrapolable à l'échelle de l'ensemble du collecteur de Bruxelles-rive droite, nous avons réalisé avec Vivaqua une étude de terrain sur une section de trois kilomètres entre le déversoir du Nouveau Maelbeek et la station d'épuration de Bruxelles-Nord. De fait, non seulement la hauteur des sédiments a ainsi été confirmée, mais il a également été constaté que leur volume (2 500 m³ environ) est aujourd'hui cinq fois plus important qu'au milieu des années 1980.
- 41 C'est un phénomène très préoccupant, étant donné que l'accumulation des sédiments accentue la rugosité des canalisations et réduit l'espace disponible pour l'écoulement des

eaux. Il en résulte une augmentation significative de la fréquence et du volume des surverses. Ces derniers temps, quelques-unes ont même été signalées par temps sec. Cela montre clairement que dans cette partie de Bruxelles, le réseau d'égouts est totalement saturé par les dépôts sédimentaires. En conséquence, il importe de mettre rapidement en place une nouvelle stratégie pour le curage des canalisations, afin d'éviter une obstruction complète du principal collecteur de la ville.

- 42 Cet article a permis de voir qu'une compréhension approfondie des dynamiques à long terme des deux aspects susmentionnés est la clé qui permettra d'améliorer la gestion et l'efficacité du réseau d'assainissement bruxellois. Le réseau hydrométrique régional Flowbru, associé aux données de la station d'épuration de Bruxelles-Nord, joue à cet égard un rôle essentiel. Qui plus est, l'intérêt de la base de données Flowbru ne peut qu'aller croissant, au fur et à mesure que l'évolution des performances du système hydrographique sera consignée et que l'incidence des politiques de gestion actuelles et futures pourra être évaluée.

BIBLIOGRAPHIE

ALAERTS, G., WILMS, D., VAN HAUTE, A., AERTGEERTS, R., VANDERBORGHT, J.-P. et WOLLAST, R., 1980. Onderzoek van het afval water van de Brusselse agglomeratie. In : *Het Ingenieursblad*, 1980, vol. 49, pp. 118-126.

ALMEIDA, M., BUTLER, D., et MATOS, J., 2000. In-sewer biodegradation study at the Costa do Estoril interceptor system. In : *Urban Water*, 2000, vol. 2, n° 4, pp. 327-334.

ASHLEY, R.M., BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L., HVITVED-JACOBSEN, T. et VERBANCK, M.A., 2004. *Solids in sewers*, IWA Publishing (éd.), Scientific & Technical Report n° 14, mai 2004, ISBN 1-90-022291-4, 340 p.

BARES, V., STRANSKY, D., et SYKORA, P., 2012. Evaluation of sewer infiltration/inflow using COD mass flux method: case study in Prague. In : *Water Science And Technology*, 2012, vol. 66, n° 3, pp. 673-680.

BERTRAND-KRAJEWSKI, J.-L., CARDOSO, M., ELLIS, B., FREHMANN, T., GIULIANELLI, M., GUJER, W., KREBS, P., PLISKA, Z., POLLERT, J. et PRYL, K., 2006. Towards a better knowledge and management of infiltration and exfiltration in sewer systems: the APUSS project. In : *Water Practice and Technology*, 2006, vol. 1, n° 1.

BRION, N., SERVAIS, P., BAUWENS, W., VERBANCK, M.A., WYNANTS, M. et NUYTENS, G., 2012. Past and present chemical and microbiological quality of the Zenne River: Impact of the Brussels' sewage management. In : VUBPRESS (éd.), *Bridges over Troubled Water*, Bruxelles, pp. 251-264.

BRION, N., VERBANCK, M.A., BAUWENS, W., ELSKENS, M., CHEN, M., et SERVAIS, P., 2015. Assessing the impacts of wastewater treatment implementation on the water quality of a small urban river over the past 40 years. In : *Environmental Science and Pollution Research*, 2015, vol. 22, n° 16, pp. 12720-12736.

BUTLER, D. et GRAHAM, N., 1995. Modeling dry weather wastewater flow in sewer networks. In : *Journal of Environmental Engineering*, 1995, vol. 121, n° 2, pp. 161–173.

GUYAUX, J., 1968. *L'Assainissement de la vallée du Maelbeek*, Crédit Communal de Belgique, 1968, vol. 85, pp. 154-163.

DE VILLE, N. et VERBANCK, M.A., 2017a. Capitalizing on hydrometry data series to address Brussels Water and Wastewater management Challenges. Conférence dans le cadre de l'événement *Anticipate Symposium*, Bruxelles, le 30 mars 2017.

DE VILLE, N., LE, H.M., SCHMIDT L. et VERBANCK, M.A., 2017b. Data-mining analysis of in-sewer infiltration patterns: seasonal characteristics of clear water seepage into Brussels main sewers. In : *Urban Water Journal*, à paraître.

HVITVED-JACOBSEN, T., VOLLERTSEN, J. et NIELSEN, A.H., 2013. *Sewer Processes: Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks*, 2^e éd., CRC press.

HOUHOU, J., LARTIGES, B., France-LANORD, C., GUILMETTE, C., POIX, S. et MUSTIN, C., 2010. Isotopic tracing of clear water sources in an urban sewer: A combined water and dissolved sulfate stable isotope approach. In : *Water Research*, 2010, vol. 44, n° 1, pp. 256–266.

IBGE, 2011. *Rapport de l'étude des incidences environnementales du plan de gestion de l'eau de la région bruxelloise*. Bruxelles, Bruxelles-Environnement.

IBGE, 2016. *Projet de plan de gestion de l'eau de la région de Bruxelles-Capitale 2016-2021*. Bruxelles, Bruxelles-Environnement.

KOHLBRENNER, A., 2014. De l'engrais au déchet, des campagnes à la rivière : une histoire de Bruxelles et de ses excréments. In : *Brussels Studies*, 2014, n° 78, 23 juin 2014, www.brusselsstudies.be.

LE, H.M., PETROVIC, D. et VERBANCK, M.A., 2014. The semi-sewer river: hydraulic backwater effects and combined sewer overflow reverse flows in Central Brussels reduce deoxygenation impact further downstream. In : *Water Science and Technology*, 2014, vol. 69, pp. 903-908.

MALGRAT, P., 2016. A challenge for policy makers and the water sector: Different policy perspectives on CSOs from across Europe. In : *EurEau Workshop on Combined Sewer Overflows*, conférence du 1er février 2016 à l'université d'Anvers.

NOVATECH, 2016. Actes de la 9^e conférence Novatech sur les stratégies et solutions pour une gestion durable de l'eau dans la ville, tenue du 28 juin au 1^{er} juillet 2016 à Lyon.

PETROVIC, D., BRION, N., MAGNIER, A., ELSKENS, M. et VERBANCK, M.A., 2012. Effect of intense rainfall events on metallic and particulate pollutant fluxes in a small urban watercourse. In : *9^e conférence internationale sur la modélisation du drainage urbain [9th International Conference on Urban Drainage Modelling]*, tenue du 3 au 6 septembre 2012 à Belgrade, en Serbie.

SBGE, 2014. *Le Traitement des Eaux Usées en Région de Bruxelles-Capitale*, Bruxelles, rapport d'activités.

SCHMIDHUBER, J., 2015. Deep learning in neural networks: an overview. In : *Neural Networks*, 2015, vol. 61, pp. 85-117.

STATBEL, 2016. <http://statbel.fgov.be/fr/statistiques/chiffres/environnement/climat/>, site web consulté le 12 mars 2017.

ULB-DWPC, 1992. *Réseau de Surveillance des Écoulements et des Charges Polluantes dans les Collecteurs d'Amenée à la Future Station d'Épuration de Bruxelles-Nord*. Bruxelles.

- VAN MIERLO, C., 1878. *Notice Descriptive et Historique concernant les Égouts et la Senne à Bruxelles*, Bruxelles, Baertsoen.
- VANHUYSSSE, S., DEPIREUX, J., et WOLFF, E., 2006. *Étude de l'Évolution de l'Imperméabilisation du Sol en Région de Bruxelles-Capitale*. Bruxelles, ULB-Igeat.
- VERBANCK, M.A., 1992. Field investigations on sediment occurrence and behaviour in Brussels combined sewers. In : *Water Science and Technology*, 1992, vol. 25, n° 8, pp. 71-82.
- VERBANCK, M.A., 1993. A new method for the identification of infiltration waters in sanitary flows. In : *Water Science and Technology*, 1993, vol. 27, n° 12, pp. 227-230.
- VERBANCK, M.A., WOLLAST, P. et VANDERBORGHT, J-P, 1994a. Contribution des épisodes pluvio-orageux à la charge polluante annuelle évacuée par le réseau unitaire Maelbeek-Émissaire de Bruxelles. In : *La Houille Blanche*, 1994, n° 1/2, pp. 41-50.
- VERBANCK, M.A., ASHLEY, R.M. et BACHOC, A., 1994b. International workshop on origin, occurrence and behaviour of sediments in sewer systems: Summary of conclusions. In : *Water Research*, 1994, vol. 28, n° 1, pp. 187-194.

NOTES

1. Dans le cadre de la présente étude, une «surverse du réseau unitaire» désigne un déversement enregistré au niveau du déversoir du Nouveau Maelbeek, d'une durée au moins égale à 10 minutes (deux mesures), précédé et suivi de trois heures de temps sec (aucune surverse constatée).
2. La présente étude prend en considération toutes les sources d'eau limpide parasite pénétrant dans le réseau d'assainissement, parmi lesquelles notamment les infiltrations d'eaux souterraines et les apports des cours d'eau (tels que le Molenbeek, par exemple).

RÉSUMÉS

Les longues séries temporelles de données fournies par le réseau hydrométrique régional Flowbru (www.flowbru.be) offrent une nouvelle occasion de mieux comprendre le système hydrographique de Bruxelles. L'exploration et l'analyse de ces données, assorties de leur consolidation, de leur modélisation et de leur interprétation minutieuse, apportent un éclairage nouveau sur les performances du système d'assainissement. En premier lieu, le problème des infiltrations d'eau limpide parasite dans le réseau est abordé. De nouvelles méthodes sont mises au point pour calculer les volumes d'eau claire qui pénètrent quotidiennement dans l'ensemble de la zone traitée par la station d'épuration de Bruxelles-Nord. L'importance des variations saisonnières des infiltrations est mise en lumière, de même que les moyens de détecter ces variations dans les séries temporelles limnimétriques, de façon à repérer les canalisations sujettes à des infiltrations. L'étude porte ensuite sur l'accumulation des sédiments dans le principal collecteur de la Région bruxelloise, à savoir, le grand émissaire de la rive droite du canal. La dynamique de cette accumulation est examinée, puis une comparaison entre la situation actuelle et celle des années 1980 fait apparaître que le phénomène s'est fortement

accentué au cours de ces dernières décennies. Les possibles causes et conséquences de cette accumulation sont enfin brièvement évoquées.

De langdurig verzamelde gegevens, vrijgegeven door het regionaal hydrometrisch netwerk Flowbru (www.flowbru.be) vertegenwoordigen een nieuwe kans om kennis te vergaren over het hydrografisch systeem in Brussel. Via een combinatie van datamininganalyse, gegevensconsolidatie, modellen en diepgaande gegevensinterpretatie, worden nieuwe inzichten over de prestaties van het rioleringsstelsel verkregen. Allereerst wordt het probleem van de infiltratie van parasitair helder water in het rioleringsstelsel aangekaart. Een nieuwe methode werd ontwikkeld om de dagelijkse hoeveelheden geïnfiltreerd helder water te berekenen in de gehele zone die behandeld wordt door de rioolwaterzuiveringsinstallatie Brussel Noord (RWZI). We tonen de sterke seizoensgebonden infiltratieschommelingen en hoe dit patroon in limnimetrische tijdreeksen kan worden geïdentificeerd om de riolen waar de infiltratie gebeurt aan te duiden. In tweede instantie buigen we ons over de accumulatie van rioolsedimenten in de Brusselse hoofdcollector Rechteroever – de grootste riolering in het Brussels Gewest. De accumulatie-dynamiek wordt besproken, en een vergelijking tussen de huidige situatie en die van de jaren 1980 toont de enorme stijging in sedimentaccumulatie in de afgelopen decennia. De mogelijke oorzaken en gevolgen van deze accumulatie worden kort besproken.

The long time data series provided by the Flowbru regional hydrometric network (www.flowbru.be) represents a new opportunity to gain knowledge on the hydrographical system in Brussels. With a combination of data mining analysis, data consolidation, models and in-depth data interpretation, new insights on sewer system performance are obtained. First, the problem of the infiltration of parasitic clear water into the sewer system is addressed. A new methodology is developed to compute the daily volumes of clear water infiltrated in the entire zone treated by the Brussels-North Wastewater Treatment Plant (WWTP). We show the strong seasonal variation of infiltration and how this pattern can be identified in limnimetric time series to highlight sewers which are subject to infiltration. Secondly, the sewer sediment accumulation in the Brussels Right main collector – the largest sewer in the Brussels Region – is studied. The accumulation dynamics are discussed, and a comparison between the present situation and that of the 1980s shows the massive increase in sediment accumulation in recent decades. The potential causes and consequences of this accumulation are discussed briefly.

INDEX

Keywords : ecology, environment, land use planning, public action, town planning, urban planning

Thèmes : 8. environnement – énergie – développement durable

Trefwoorden ecologie, leefmilieu, overheidsop treden, ruimtelijke ordening, stedenbouw, stadsplanning

Mots-clés : action publique, écologie, environnement, aménagement du territoire, urbanisme, planification urbaine

AUTEURS

NICOLAS DE VILLE

Nicolas de Ville est un ingénieur en biologie spécialisé dans l'hydraulique. Son mémoire de master portait sur les systèmes de production d'eau potable par filtration sur berge en Bolivie.

Après ses études universitaires, il a travaillé six mois comme gestionnaire de projet pour la mise en œuvre d'un système d'aquaponie à Katmandou, au Népal. Ces quatre dernières années, en tant que chargé de recherches au sein du Service Traitement des Eaux et Pollution de l'Université Libre de Bruxelles, il a œuvré à la valorisation des données hydrométriques (Flowbru) en vue de remédier aux problèmes de gestion de l'eau et des eaux usées auxquels Bruxelles est confrontée (dernière publication : de Ville N., Le, H.M., Schmidt L. et Verbanck M.A., 2017. Data-mining analysis of in-sewer infiltration patterns: seasonal characteristics of clear water seepage into Brussels main sewers. In : *Urban Water Journal*, à paraître). ndeville[at]ulb.ac.be

MICHEL VERBANCK

Michel Verbanck est un ingénieur des eaux bruxellois qui compte plus de 30 ans d'expérience dans le domaine de l'hydraulique environnementale. Ses spécialités comprennent la gestion de l'eau et des eaux usées dans les grandes zones urbaines, la métrologie environnementale, l'exploration de données, la gestion des sédiments contaminés et l'hydraulique des alluvions. La liste de ses brevets et publications (dont deux ouvrages) dans ces domaines est consultable sur <http://www.ulb.ac.be/polytech/stepfree/publications>. Ses années d'expertise lui ont valu de devenir président du Comité belge de l'*International Water Association* et président du groupe de travail sur la qualité de l'eau de la Commission *Intl Scheldt*, ainsi que d'être invité à siéger dans des jurys de thèses de doctorat aussi bien en Belgique qu'à l'étranger. Il enseigne actuellement les technologies environnementales à l'Université Libre de Bruxelles-*Vrije Universiteit Brussel*, au sein de la *Brussels Faculty of Engineering*, et dirige le Service Traitement des Eaux et Pollution (École Polytechnique de Bruxelles). mikeverb[at]ulb.ac.be